



MAGNETICKÁ REZONANCE

Princip, indikace, kontraindikace

Petr Nádeníček

Kontraindikace - absolutní

- kardiostimulátor, defibrilátor
- cévní svorky z feromagn. či neznámého materiálů
 - ✓ (klip na krčku aneuryzmatu – hrozí roztržením)
- kovové cizí těleso v orbitě
- impl. feromagnetický materiál před méně než 2 měsíci
- kochleární implantát

Feromagnetismus je jev, kterým materiál může vykazovat spontánní magnetizaci a je jednou z nejsilnějších forem magnetismu. Je odpovědný za většinu magnetických reakcí vyskytujících se v každodenním životě a je základem pro všechny permanentní magnety (stejně jako pro kovy, které jsou k nim znatelně přitahovány). Mezi feromagnetické materiály patří např. železo, kobalt, nikl.

Kontraindikace - relativní

- feromag. mat. impl. před více než 2 měsíci
- klaustrofobie, nespolupracující pacient
 - ✓ sedace dětí
- kov. mat. v místě vyšetření – artefakty
- 1. trimestr těhotenství
 - ✓ negat. vliv na plod však neprokázán

Indikace

➤ MOZEK

- ✓ traumata, tu, záněty, kongenit. anomálie, MR angiografie, standardně vyšetření před operací

➤ PÁTEŘ – výhoda sagitální zobrazení celé páteře

➤ KLOUBY – hlavně koleno, rameno, hlezno

➤ JÁTRA, LEDVINY, PANKREAS

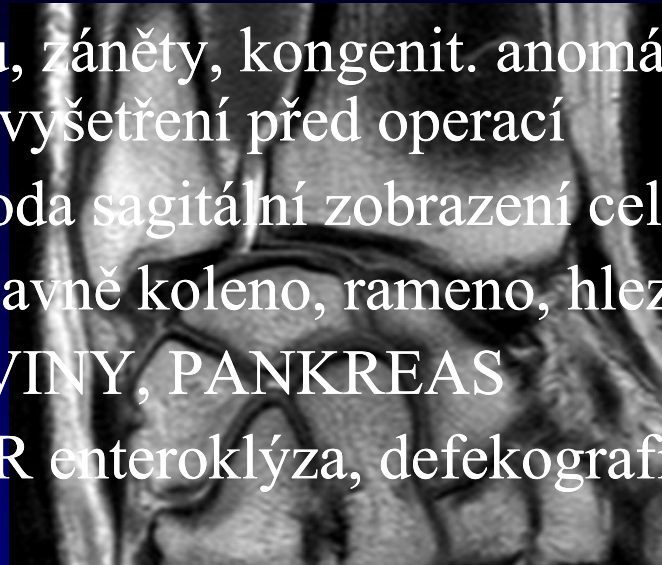
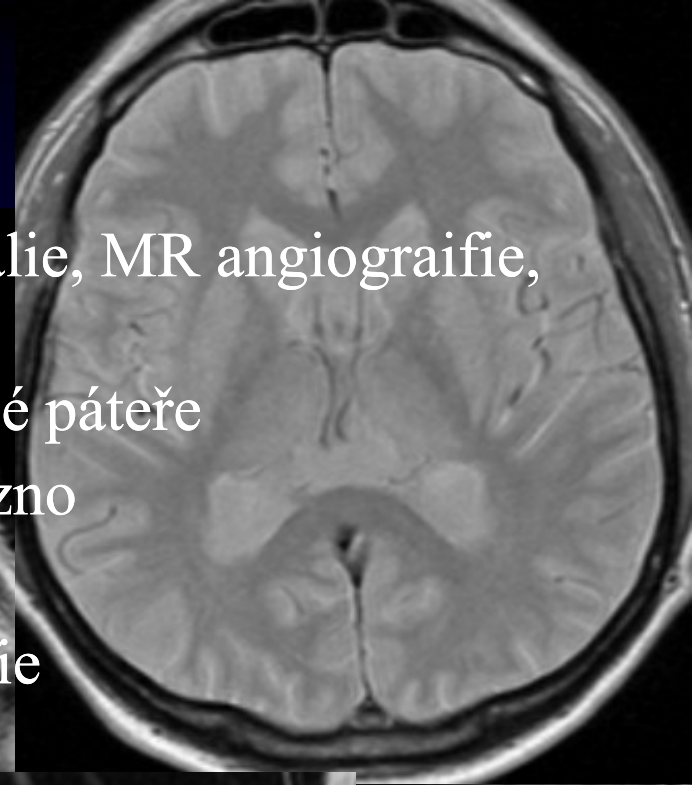
➤ STŘEVO – MR enteroklýza, defekografie

➤ SRDCE

- ✓ zobrazení morfologie a funkce (dynamiky)

- ✓ MR koronarografie

➤ *speciální vyšetření* – funkční MR, MR spektroskopie, difuze, perfuze, ...



Základní pojmy

- Proton, spin
- Magnetické pole/moment
- Intenzita mg. pole
- Úhrnný mg. moment
- Paralelní/antiparalelní uspořádání
- Precese, Larmorova frekvence

Základní pojmy

- Elektromagnetický impuls
- Úhrnný vektor tkáňové magnetizace
- Rezonance
- Vektor podélné/příčné magnetizace
- Relaxace
- Longitudinální/příčná relaxace
- Relaxace spin-mřížka/spin-spin

Základní pojmy

- Relaxační čas T1, T2
- 90 st., 180 st. impuls
- T1-, T2-vážený obraz
- Proton density image
- FID signál
- Přijímací anténa
- TR - „Time to repeat“
- TE - „Time to echo“

Základní pojmy

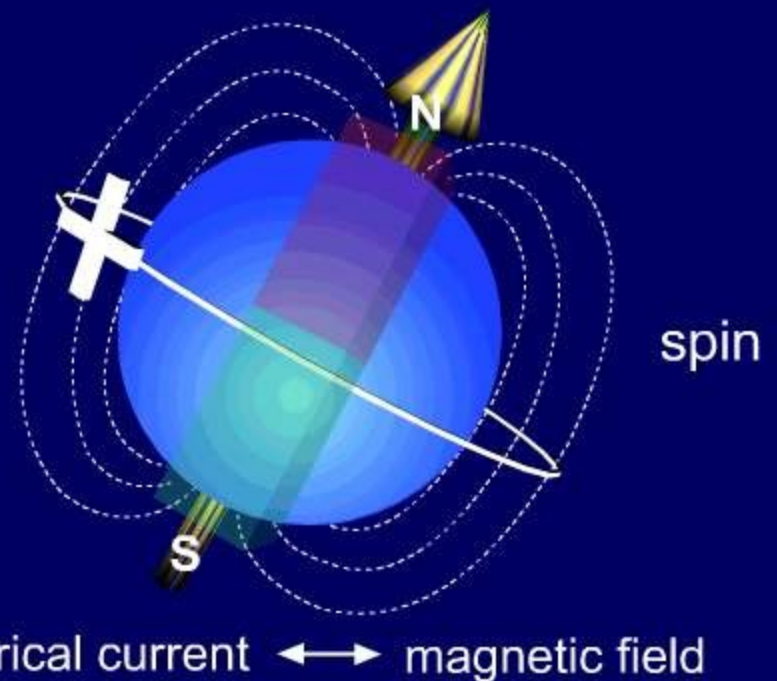
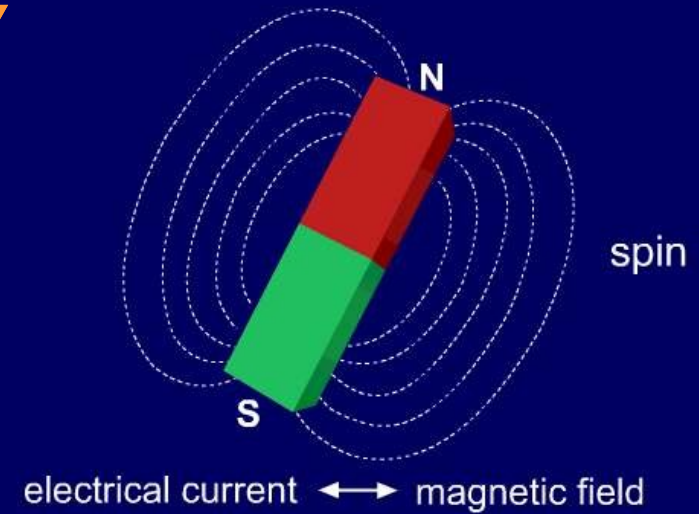
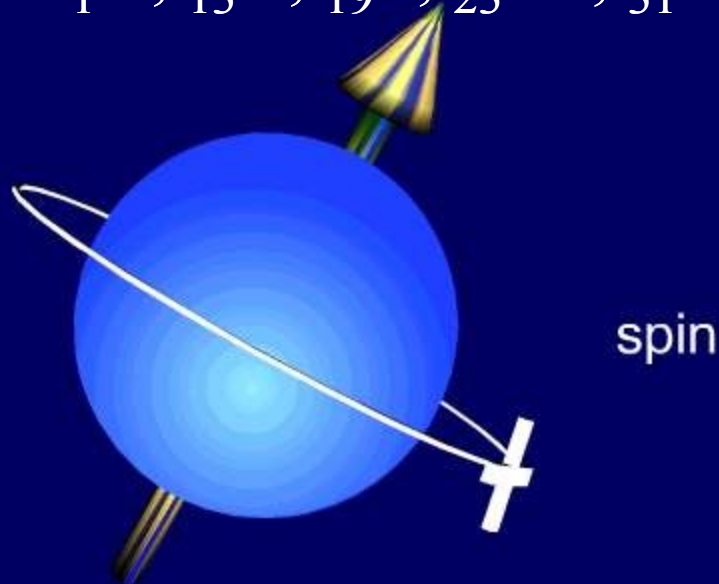
- Mg. gradient
- Rovinu řezu/frekvenci/fázi určující gradient
- Volumové/gradientové/vyrovnávací cívky

Magnetické pole

- V okolí pohybující se el. nabitě částice
- V okolí vodiče s protékajícím proudem

Protony

- Kladný náboj
- Rotují kolem vlastní osy - spin
- Vytváří mg. pole/moment
- ${}^1\text{H}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{19}\text{F}$, ${}^{23}\text{Na}$, ${}^{31}\text{P}$



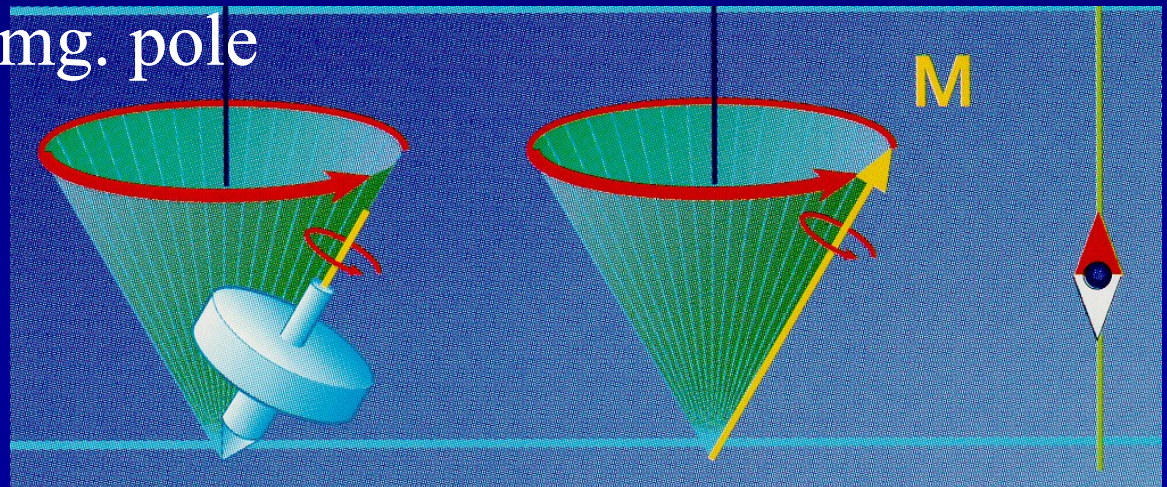
Precese $[\text{Hz}/\text{MHz}]$

$$\omega_0 = \gamma B_0 \quad [\text{T}]$$

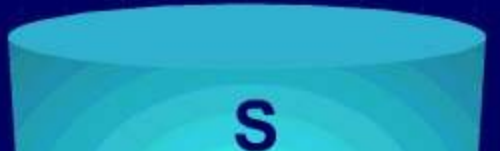
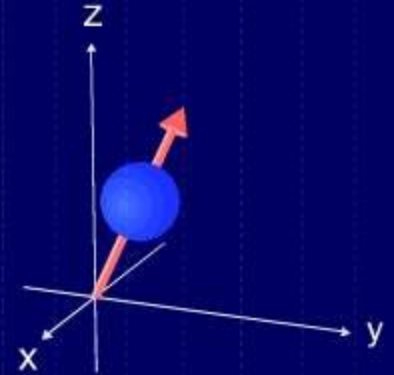
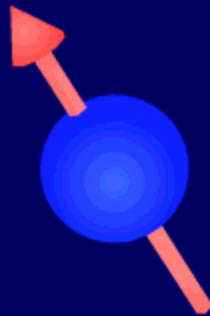
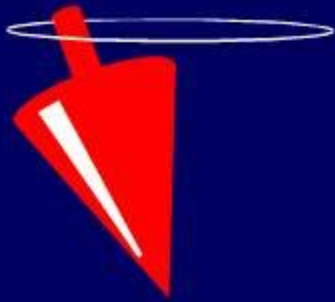
$$\gamma_{\text{protons}} = 42.5 \text{ MHz/T}$$

■ gyromagn. poměr

- Rotační pohyb po plášti kužele
- Proton krouží kolem pomyslné osy (lze ztotožnit se siločárou mg. pole)
- Larmorova frekvence
 - ✓ Mg. vlastnosti atomového jádra
 - ✓ Intenzita zev. mg. pole

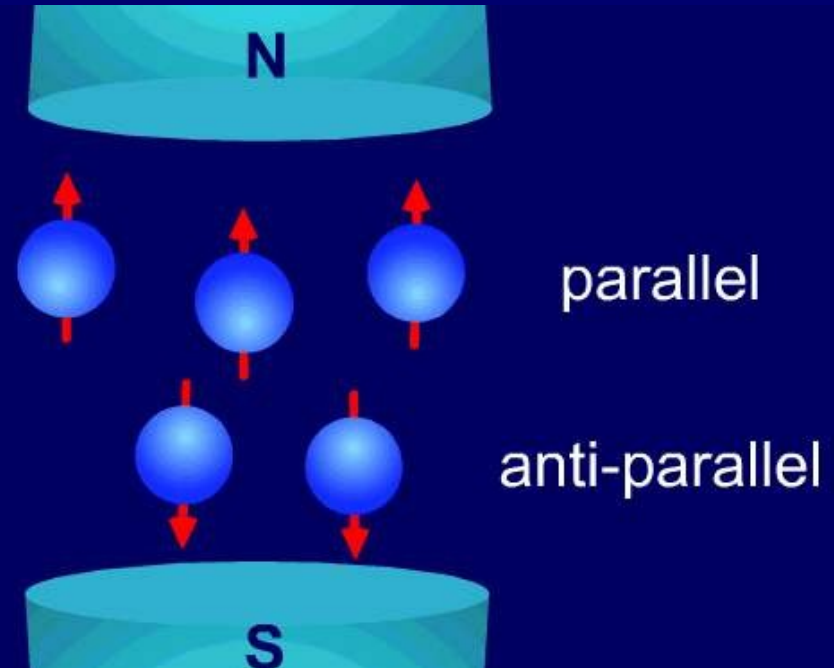
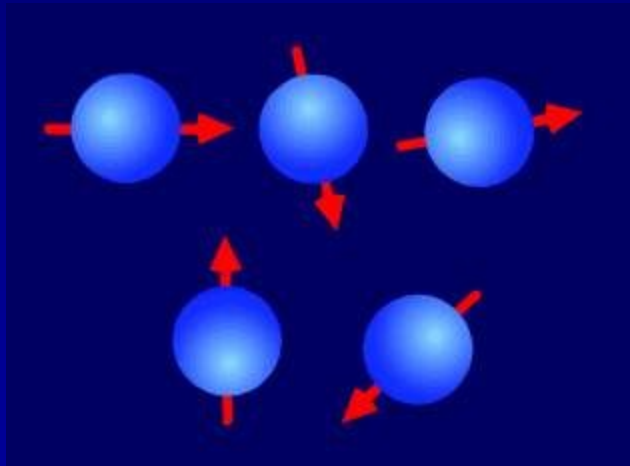


Precessione

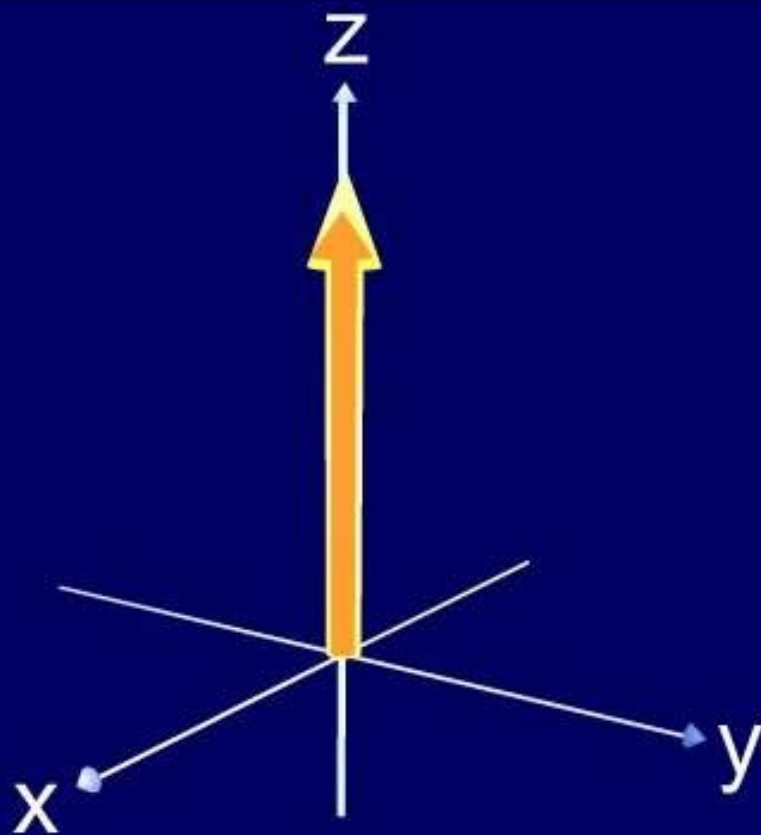
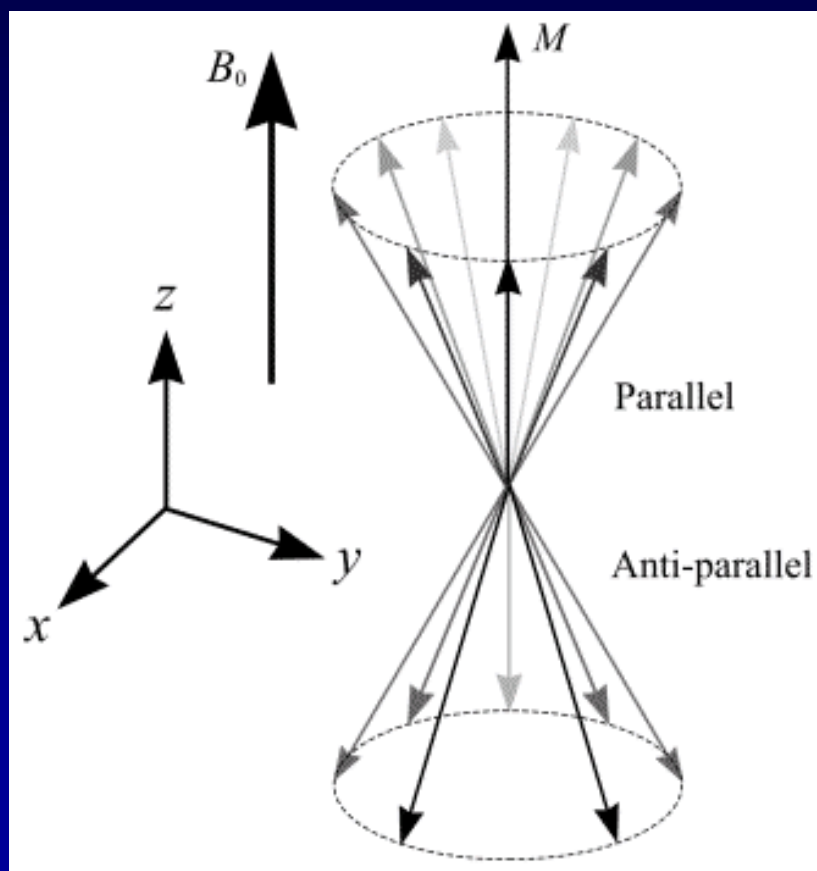


Paralelní/antiparalelní uspořádání

- Nahodilá orientace rotačních os protonů
- Vnější mg. pole
- Tkáň vykazuje úhrnný mg. moment - chová se navenek magneticky



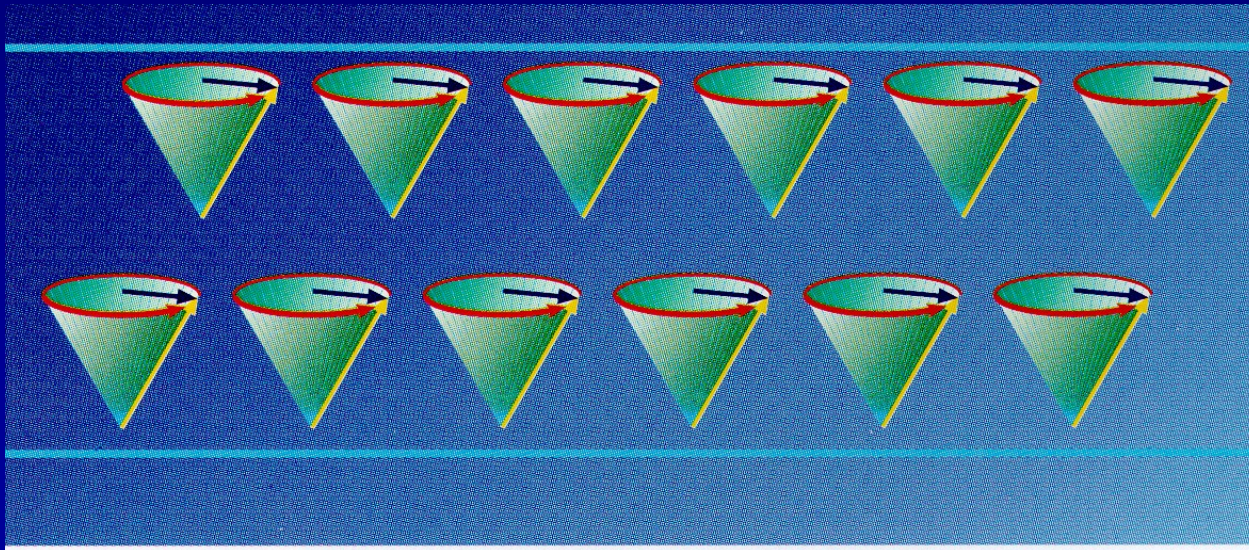
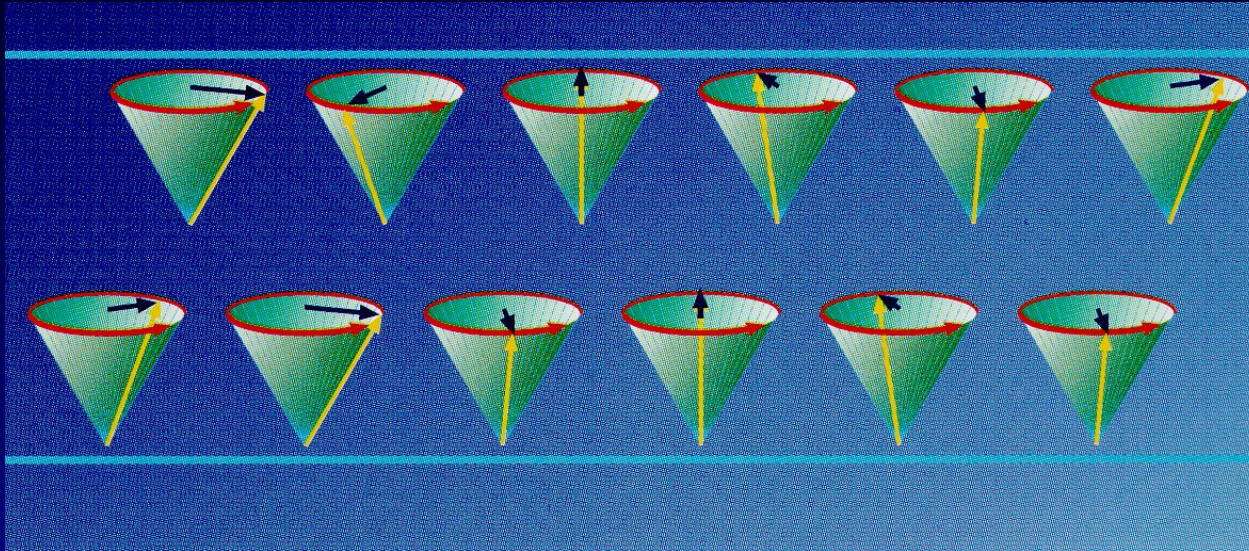
Paralelní/antiparalelní uspořádání



Elektromagnetický impuls

- Larmorova frekvence
- Rezonance
- Ladičky
- Předání energie
 - ✓ Přejedchod protonů do antiparalelního postavení
 - Úbytek podélné magnetizace
 - ✓ Vznik příčné tkáňové magnetizace
 - Precese synchronně, ve fázi

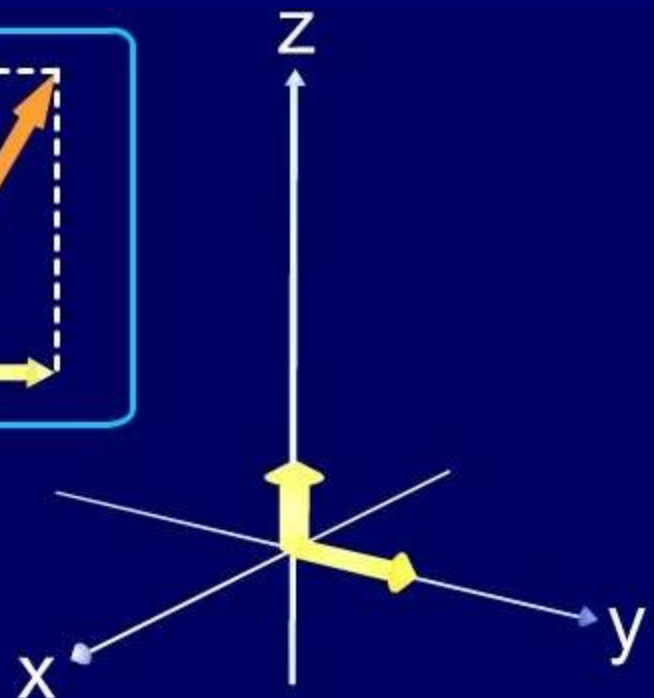
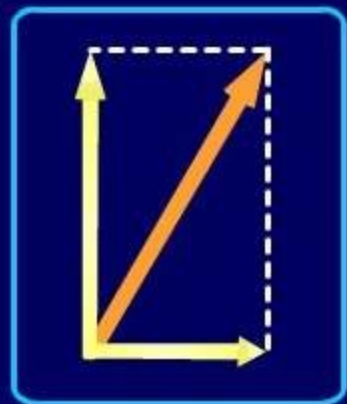
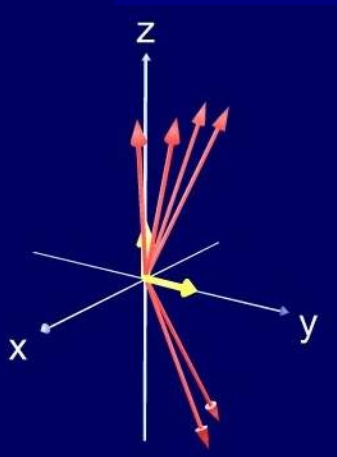
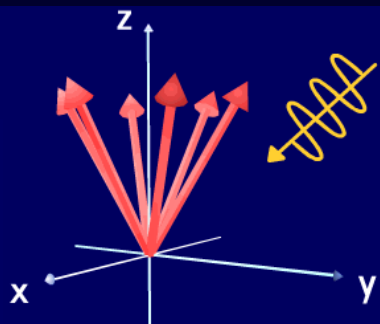
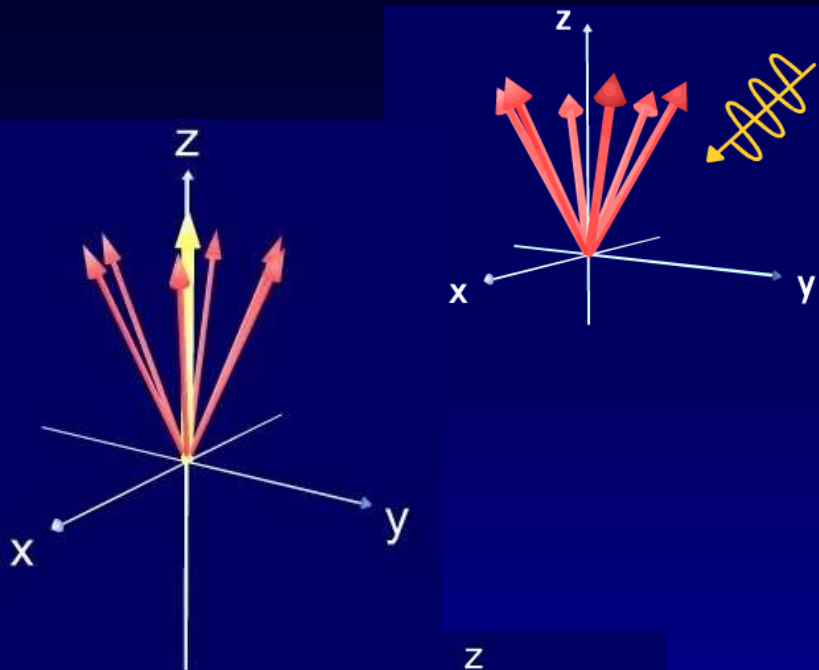
Elektromagnetický impuls



Příčná tkáňová magnetizace

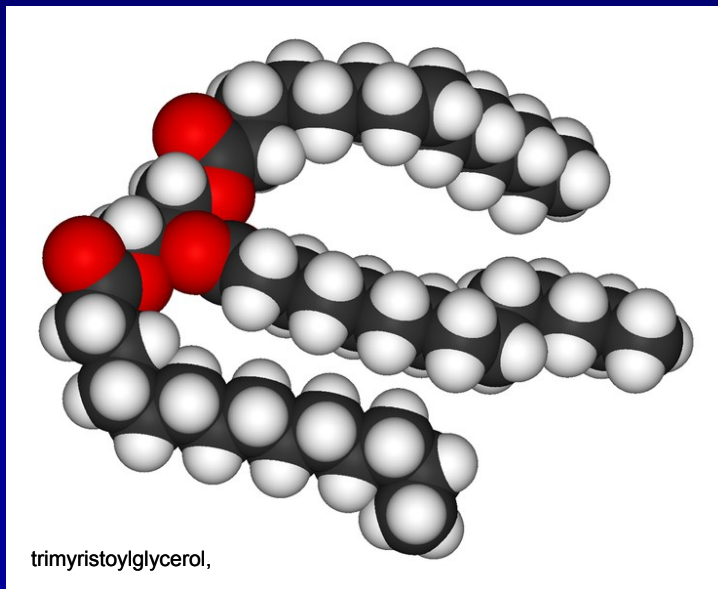
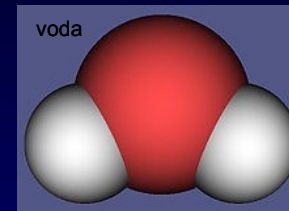


Úhrnný magnetický moment



Relaxace

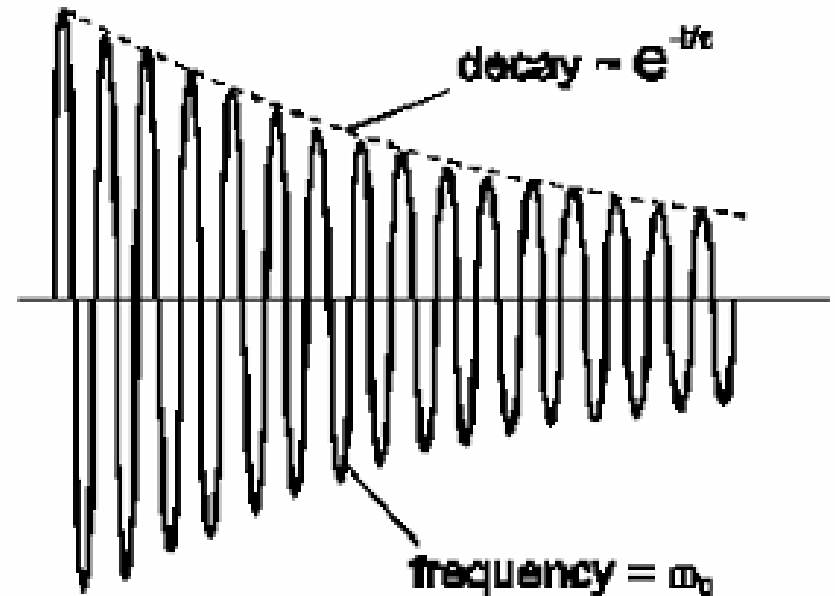
- Voda - dlouhé T1 a T2 relax. časy
- Tuk - krátké relax. časy T1 i T2



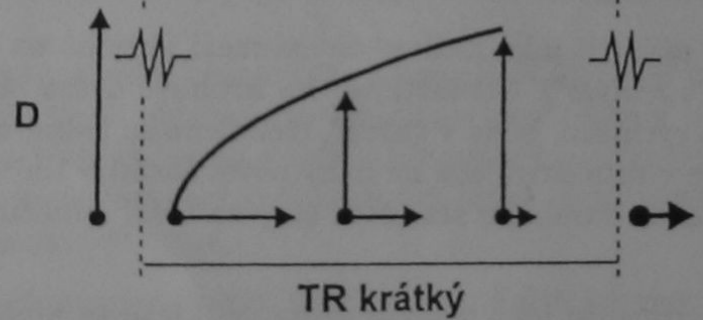
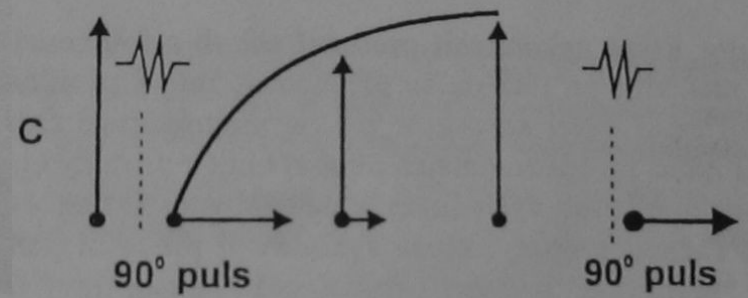
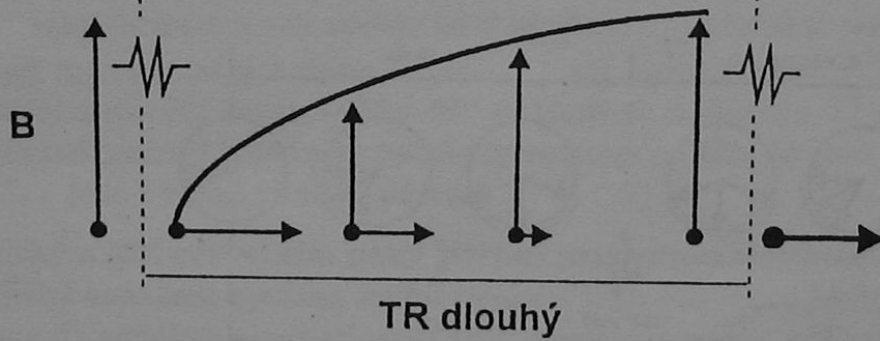
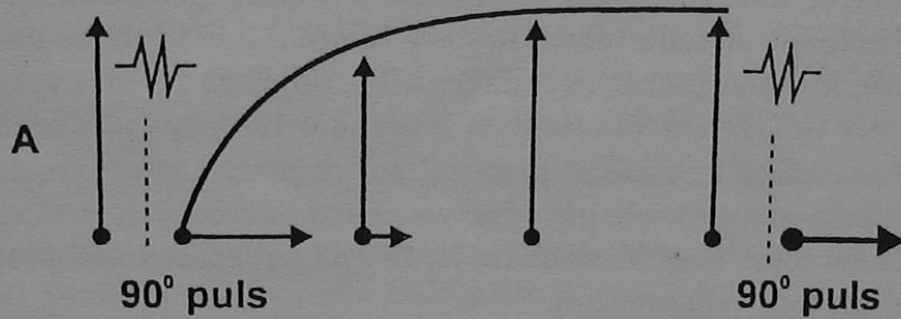
Závisí na velikosti molekul

FID

- „Free Induction Decay“
- Sekvence volného úbytku signálu
- **Nejjednodušší** vyšetřovací metoda
- **90 st. puls, úbytek příčné magnetizace**
- Signál je charakterizován:
 - ✓ Frekvencí
 - ✓ Amplitudou

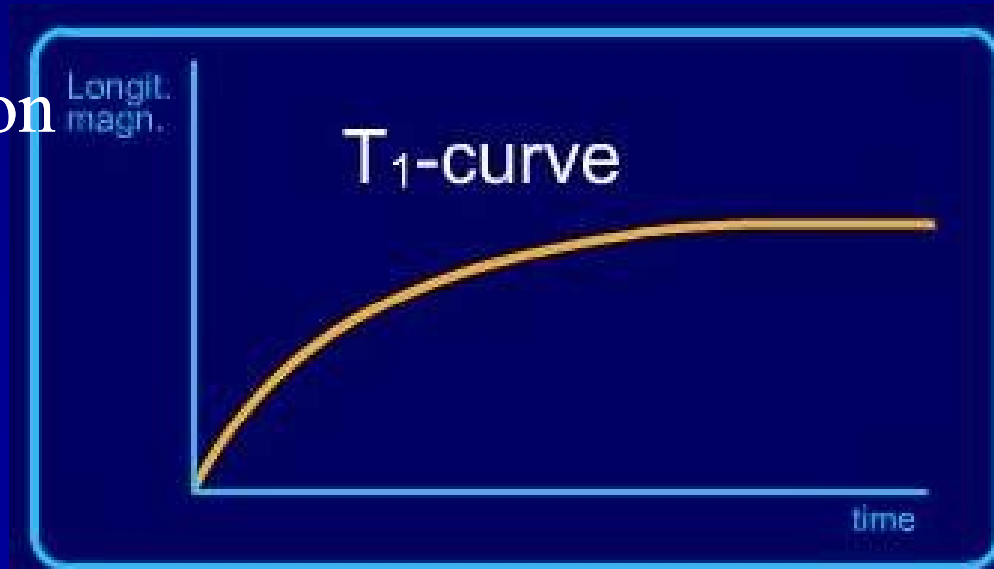
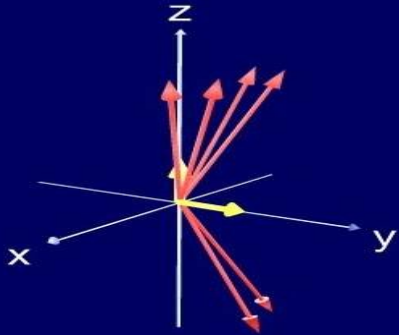


FID



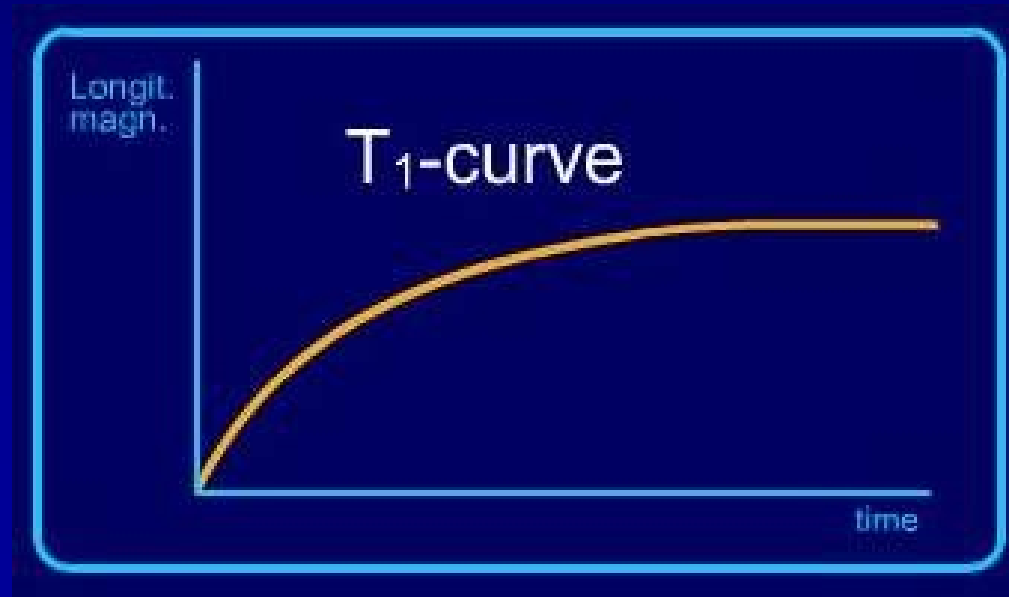
Longitudinální relaxace

- Podélná relaxace
- Vektor podélné magnetizace nabývá opět původní velikost
- Energie se vrací zpět do **mřížky** zkoumané látky
- T1 relaxace
- „Spin - lattice“ relaxation
- Relaxace **spin-mřížka**



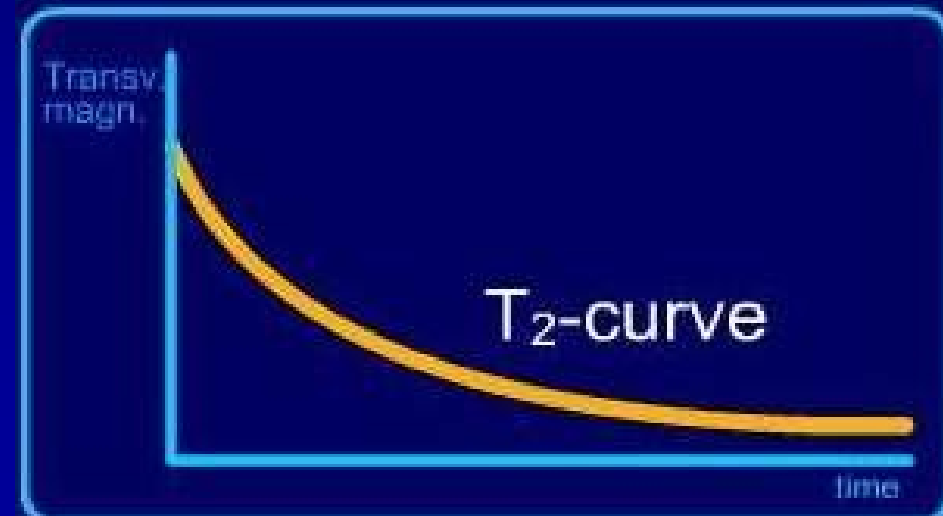
Longitudinální relaxace

- 63 % = $1 - 1/e$
 - ✓ Exponenc. děj
- T1 relax. čas
- 2 - 10x delší než T2
- 300 - 2000 ms

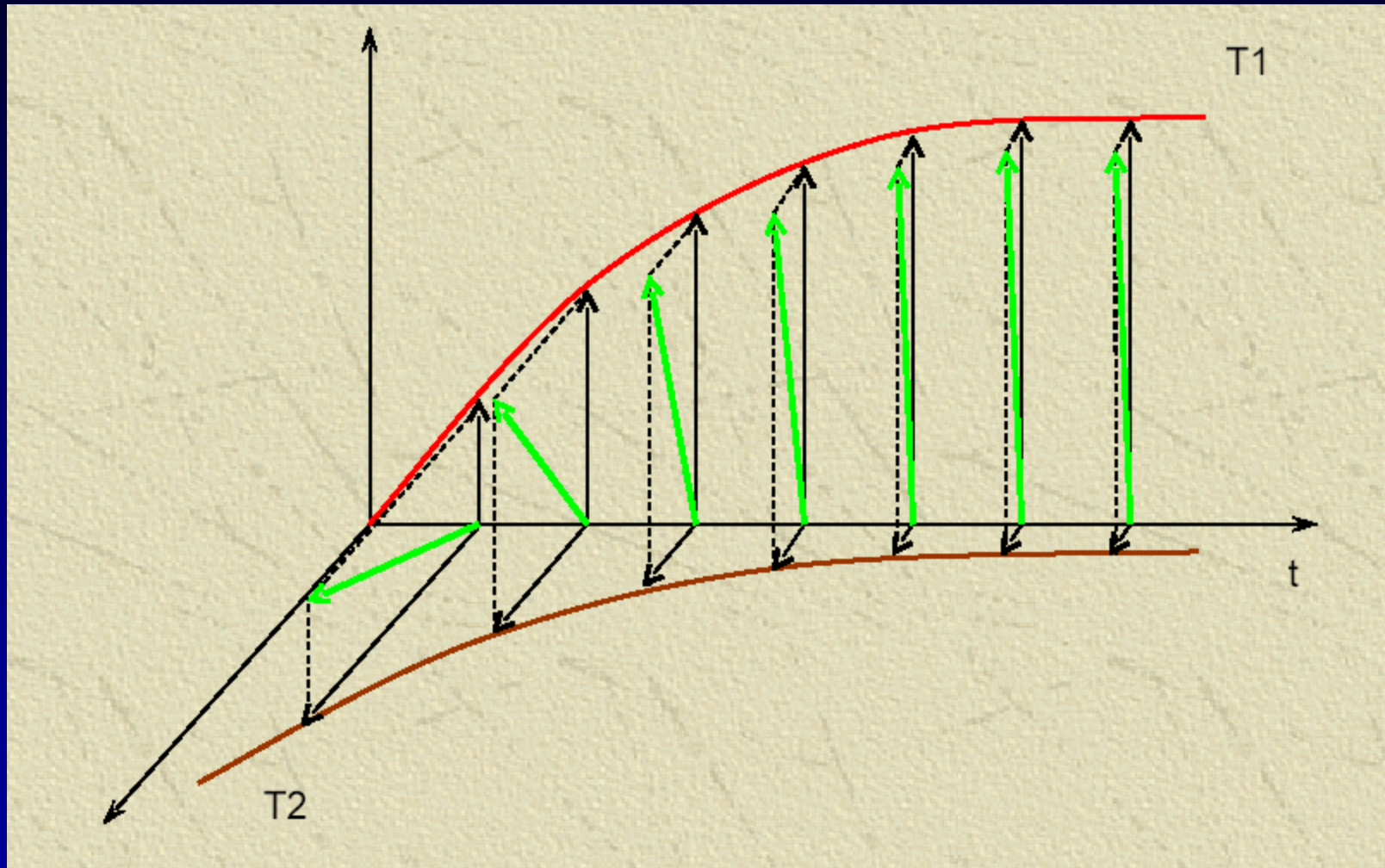


Transversální relaxace – T2

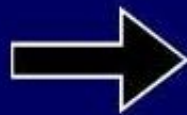
- Relaxace T2
- Ztráta příčné magnetizace
 - ✓ Nehomogenity v mg poli
 - ✓ Slabé mg pole v okolí
- Relaxace „spin-spin“
- $37\% = 1/e$



T1, T2 relaxace



T1 a T2 vážený obraz



T₁-weighted image
proton density image

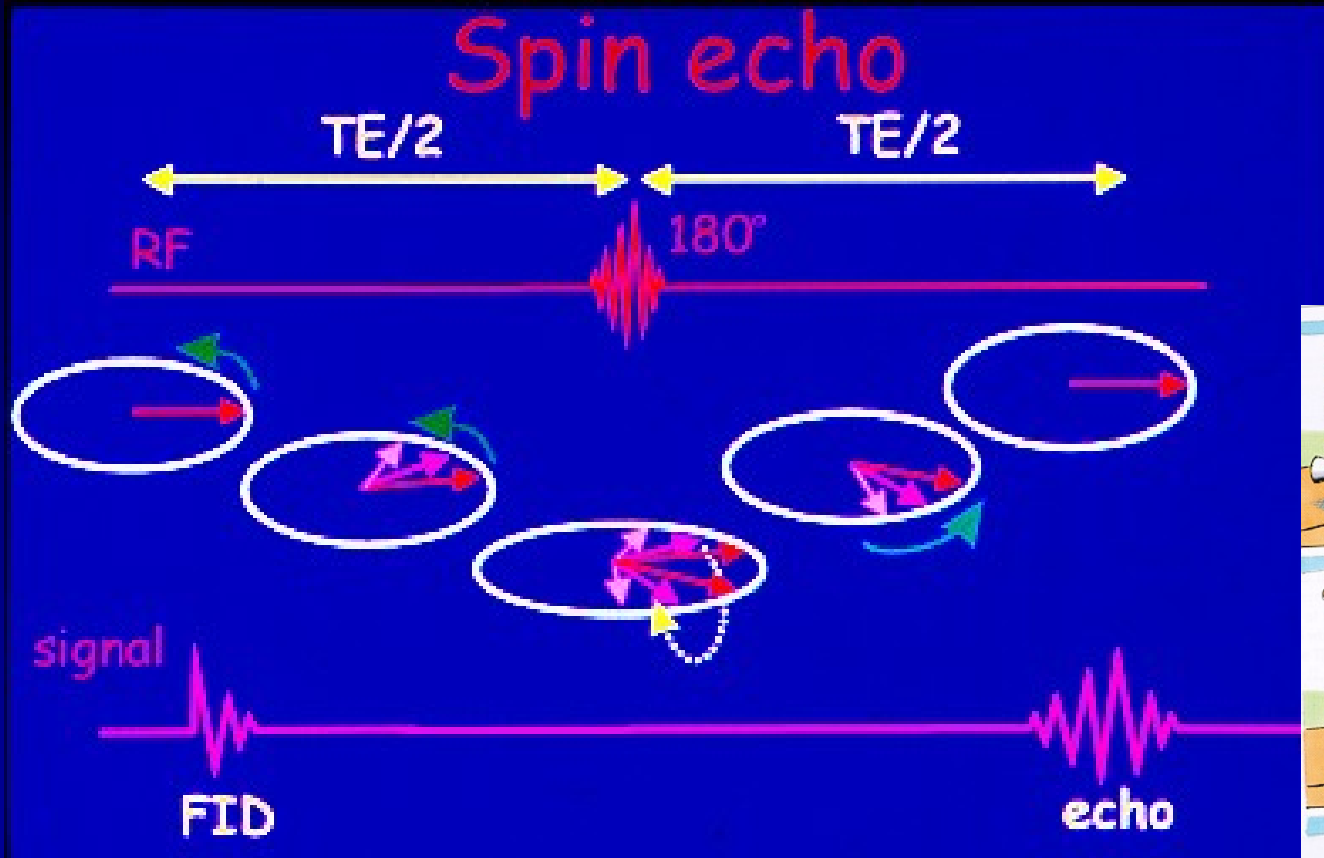


T₂-weighted image

Spin - echo sekvence

- **Nejužívanější** vyšetřovací sekvence umožňující zobrazovat dle relax. časů T1, T2 i protonové hustoty
- **90°** puls
- Magnetizace
 - ✓ Podélná vymizí
 - ✓ Příčná vzniká
- **180°** puls
 - ✓ Precesní pohyb opačným směrem
 - ✓ Opětovný nárůst signálu

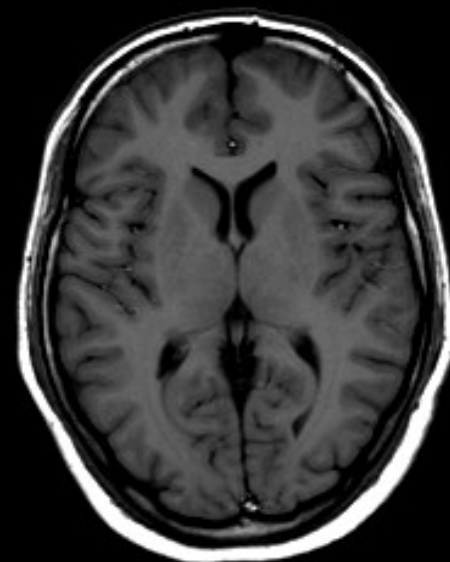
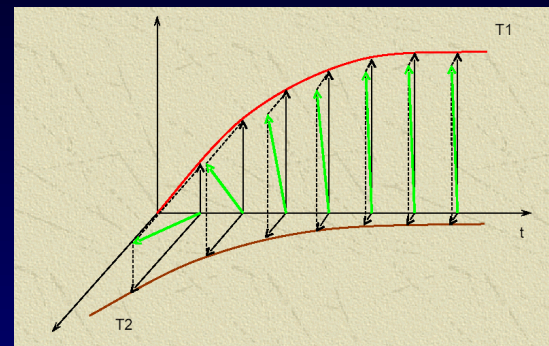
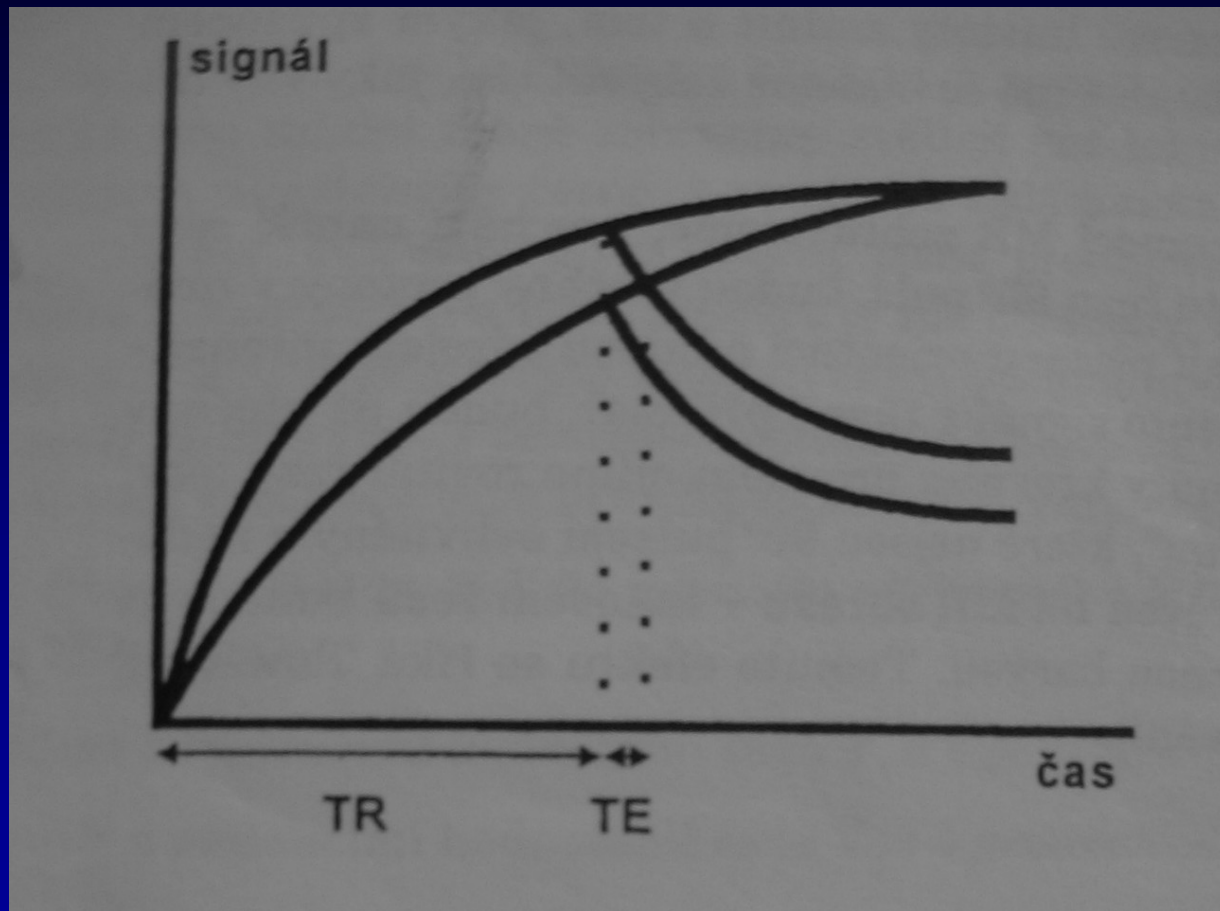
Spin - echo sekvence



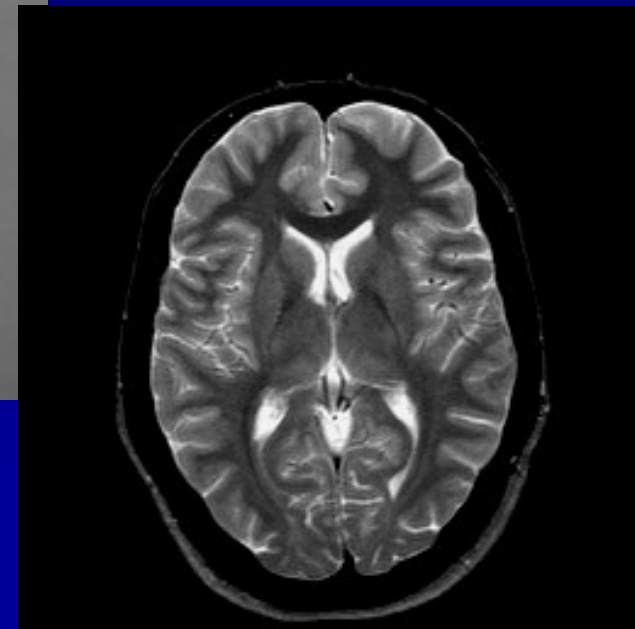
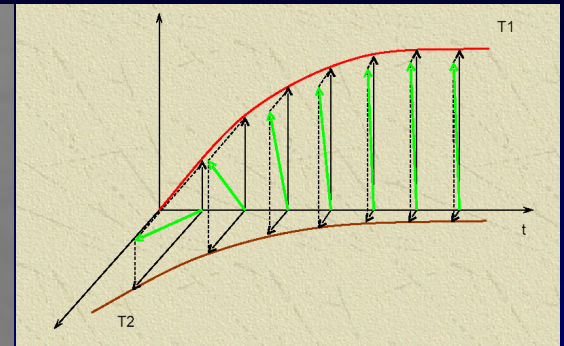
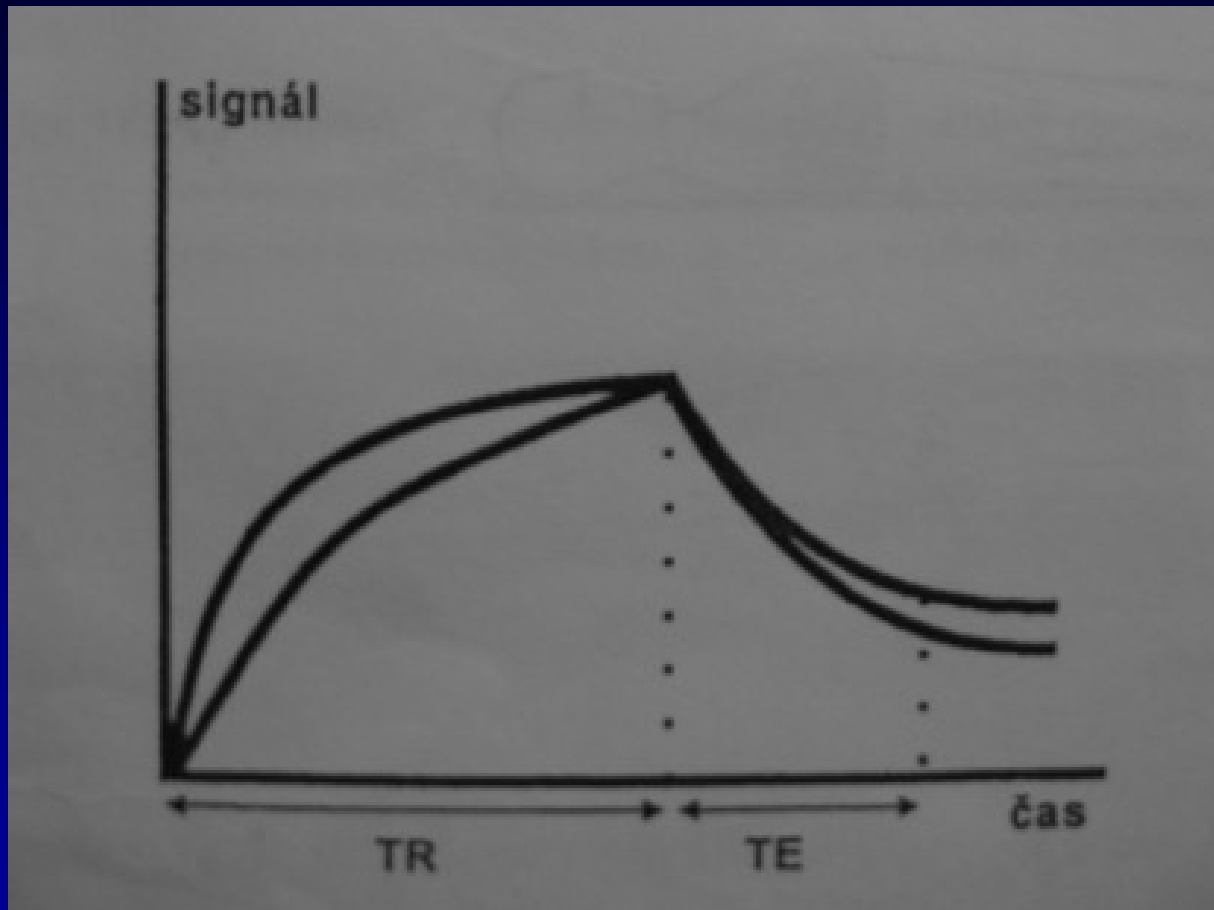
Jak vzniká MR obraz?

- používají se tzv. sekvence pulzů, které mají různé parametry TR, TE, TI
- různým sestavením sekvencí lze zvýraznit vliv T1 nebo T2 relaxace
- kontrast ve výsledném obraze je dán rozdílnými magnetickými vlastnostmi jednotlivých tkání

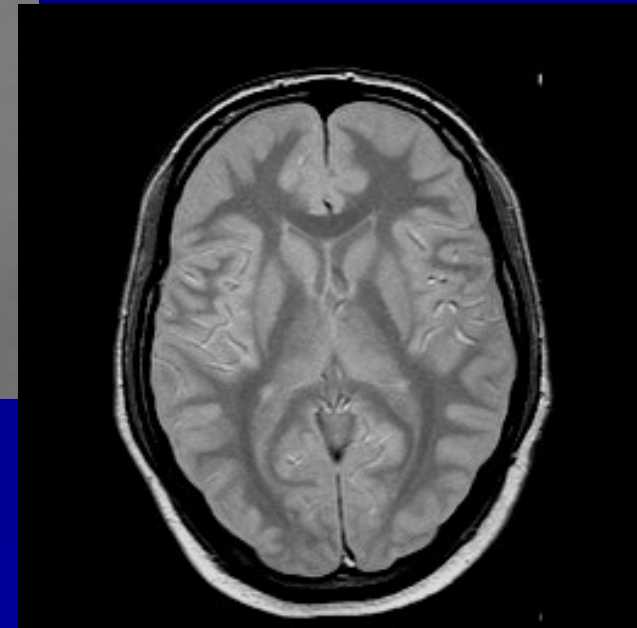
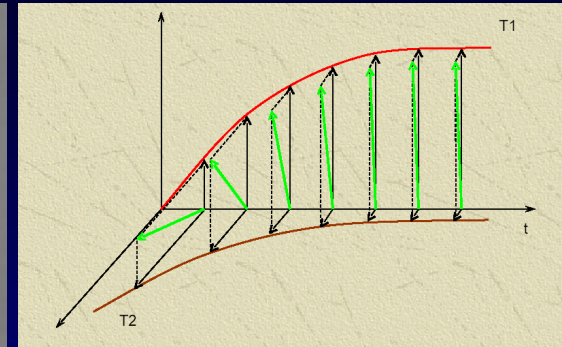
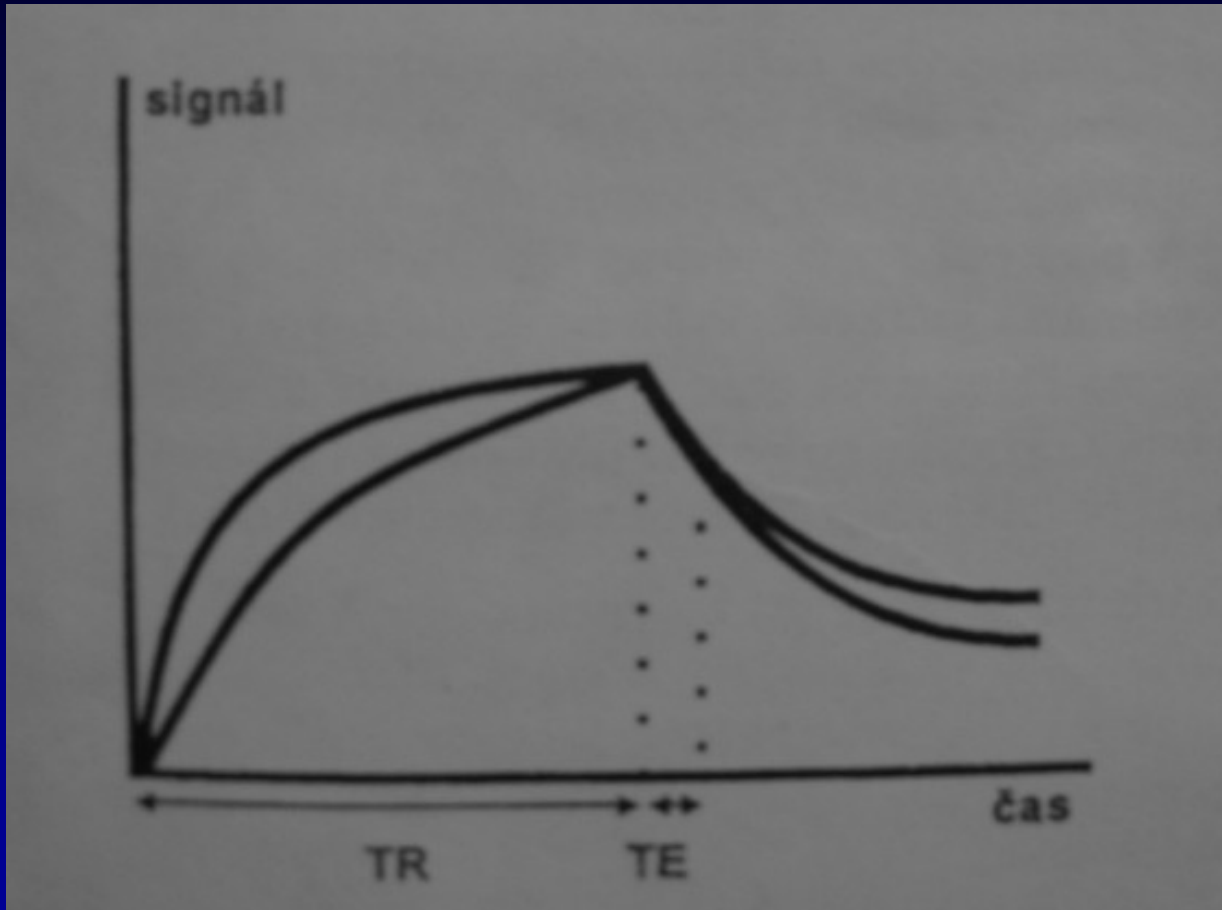
T1 – krátké časy TR i TE



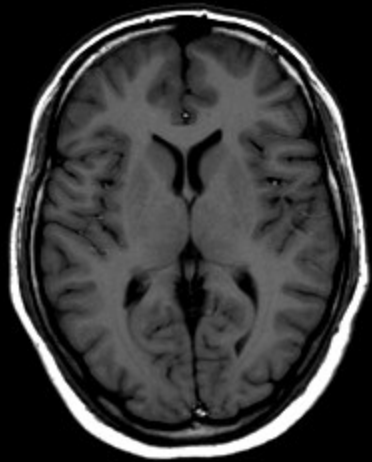
T2 – dlouhé časy TR i TE



Obraz vážený podle protonové hustoty, dlouhý TR, krátký TE



Tkáňové struktury se mezi sebou liší pouze poměrným zastoupením protonů.

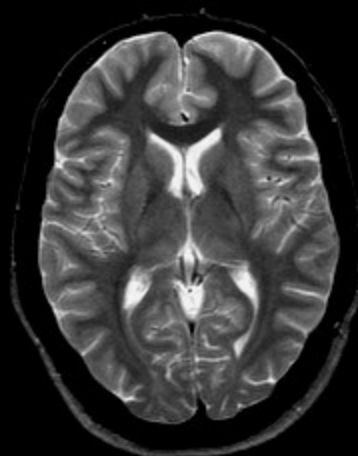
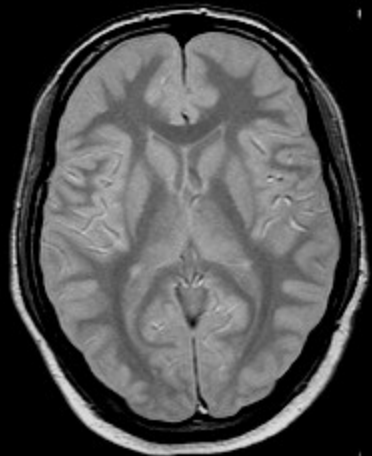


T1W
short TR
short TE

bad image
short TR
long TE

PDW
long TR
short TE

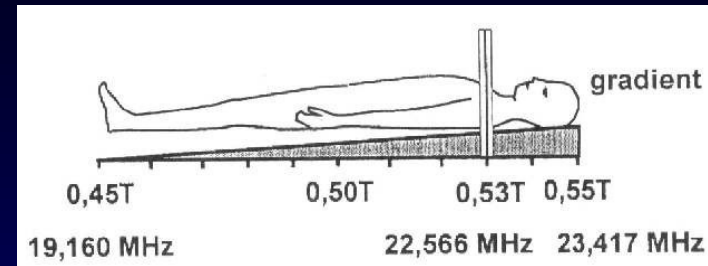
T2W
long TR
long TE



Prostorové kódování

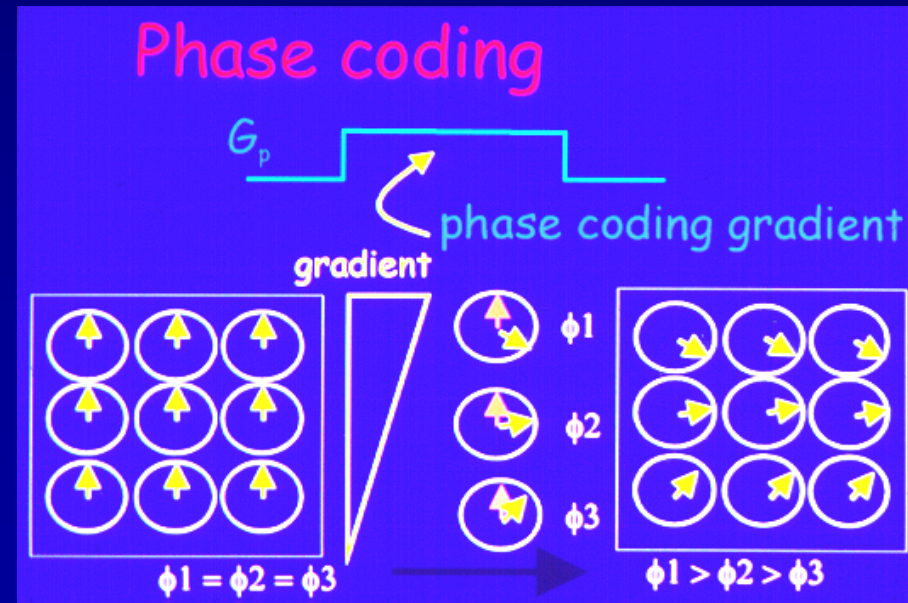
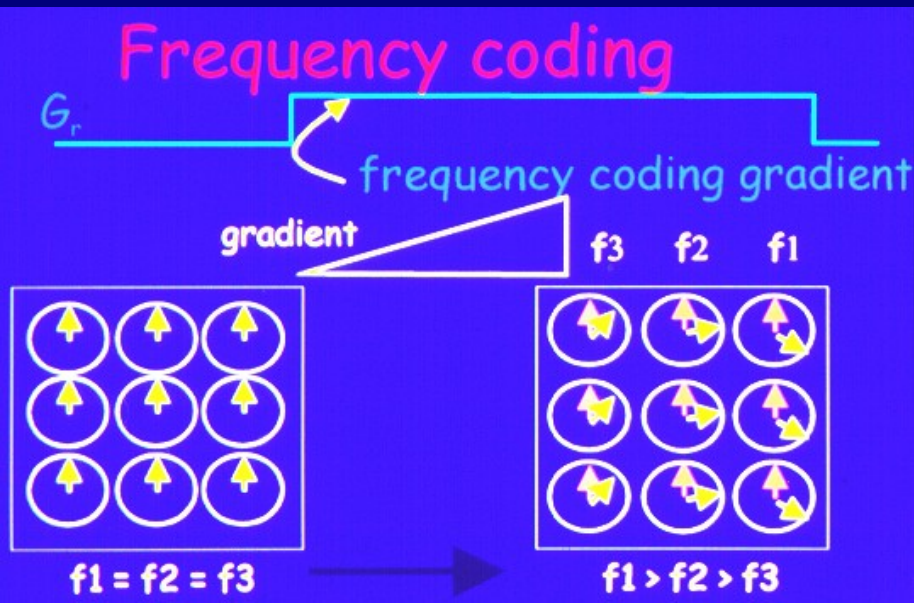
- lokalizace zdroje MR signálu se děje pomocí tří magnetických gradientů, které se přidávají k základnímu magnetickému poli přístroje
- v průběhu sekvence v přesně stanovených dobách postupně zapínáme gradienty ve všech třech osách
 - ✓ to umožní přesné určení voxelu, ze kterého signál přichází
- data jsou digitálně zpracována
 - ✓ pomocí Fourierovy transformace
 - ✓ výsledkem je černobílé zobrazení požadovaného řezu

Rekonstrukce obrazu

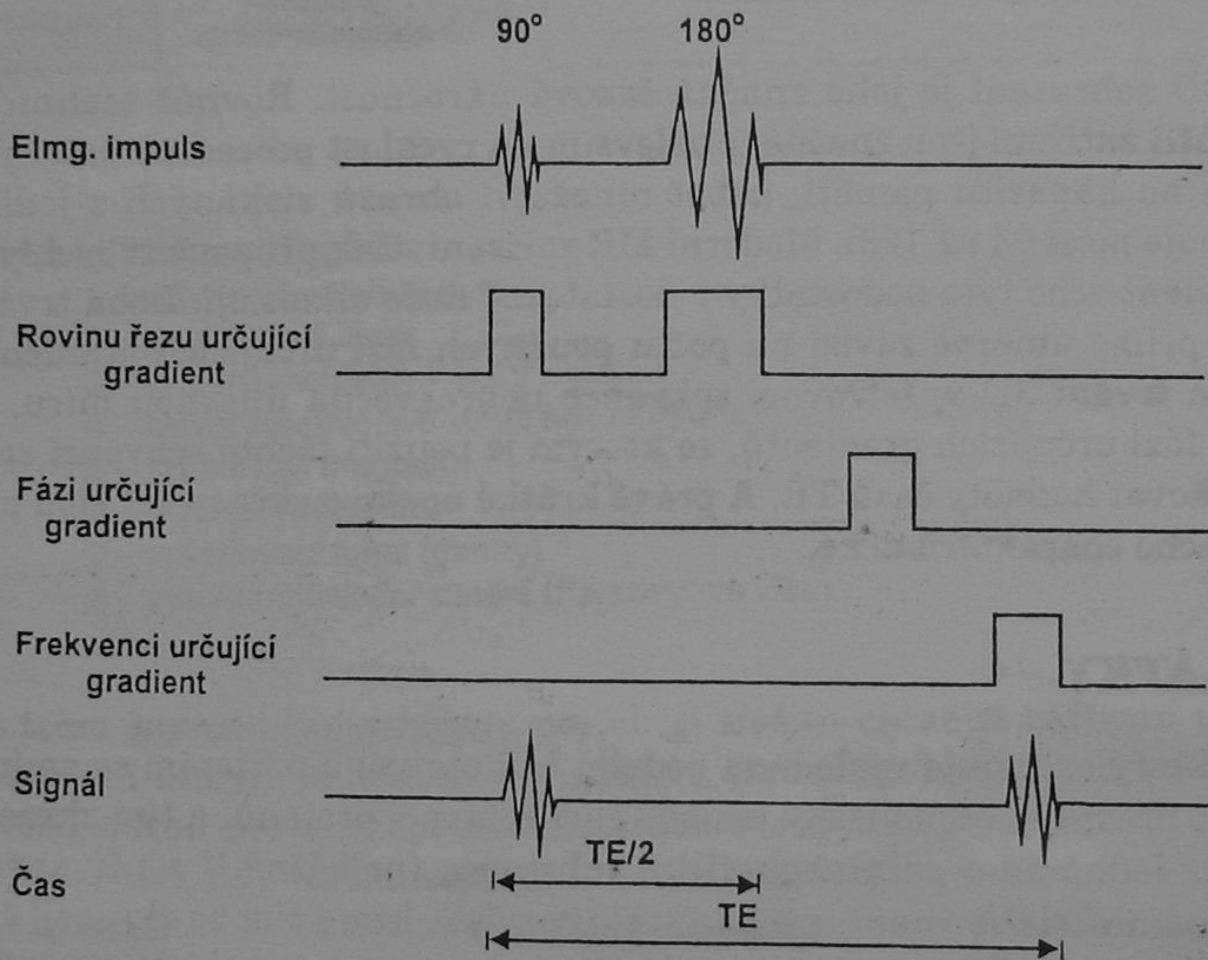


➤ Gradient určující

- ✓ **Rovinu** - roste v podélné ose těla
- ✓ **Frekvenci** - roste kolmo na osu těla (zleva doprava)
- ✓ **Fázi** - roste kolmo na osu těla (zepředu dozadu)



Celá sekvence při rekonstrukci



Cívky



➤ Hlava



➤ Krk

➤ Páteř

➤ Hrudník



➤ Klouby

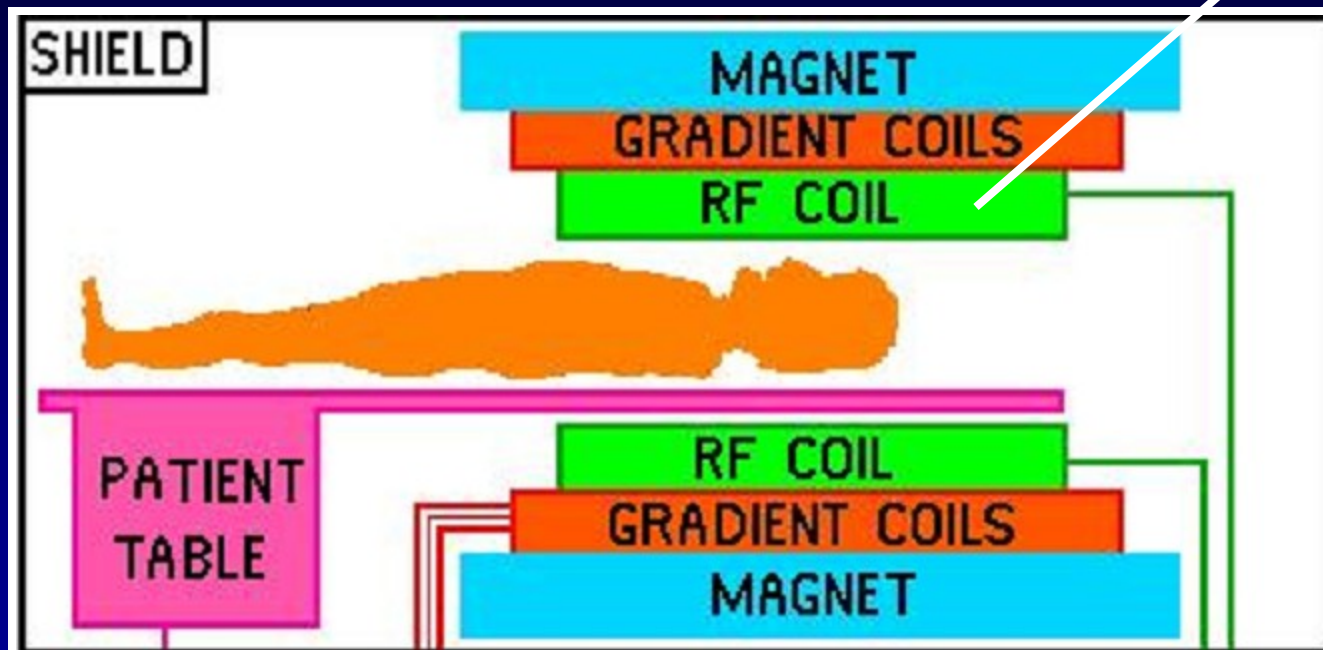
➤ Prsa



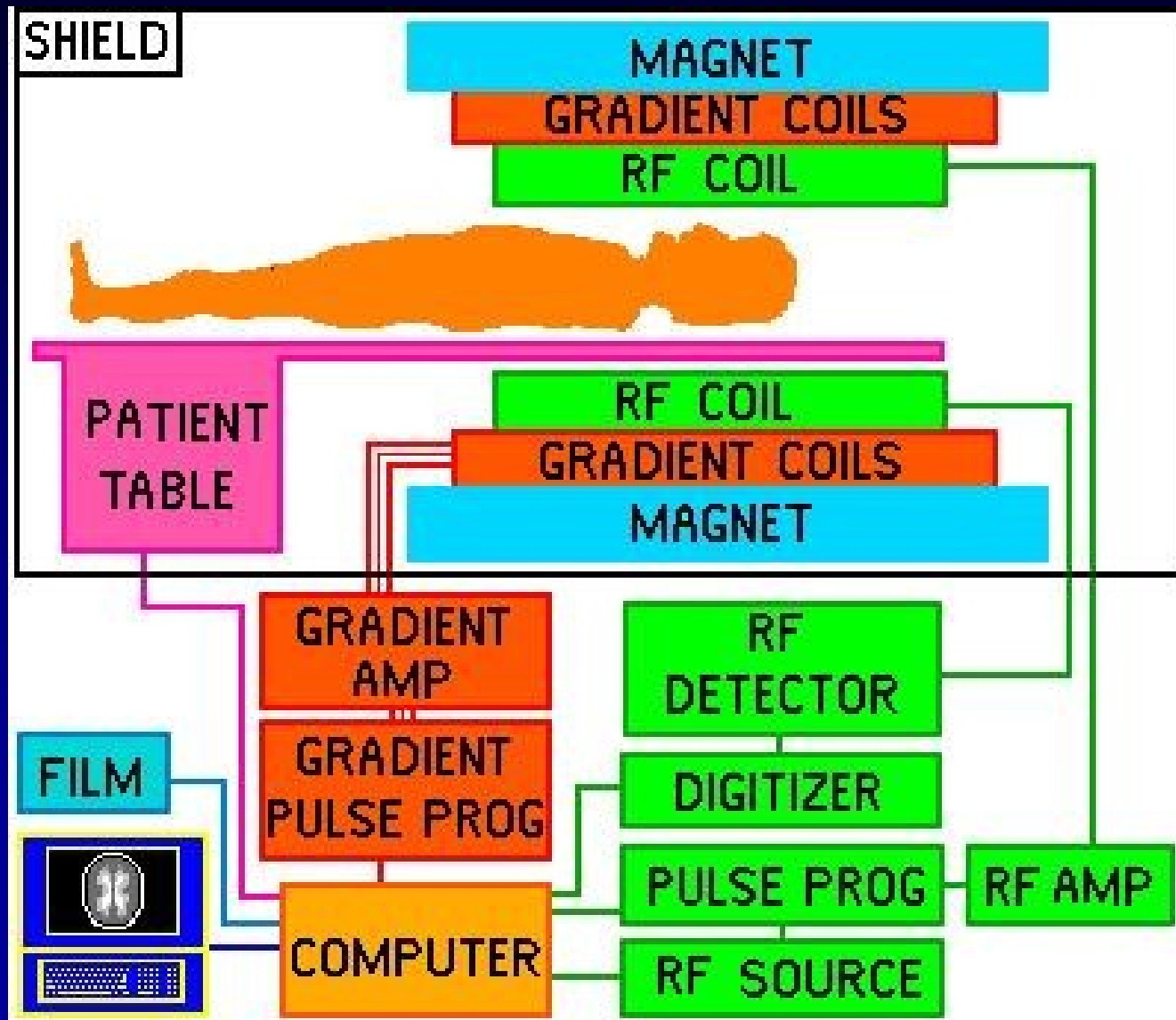
➤ Flexibilní



Uspořádání cívek



Uspořádání komponent MRI



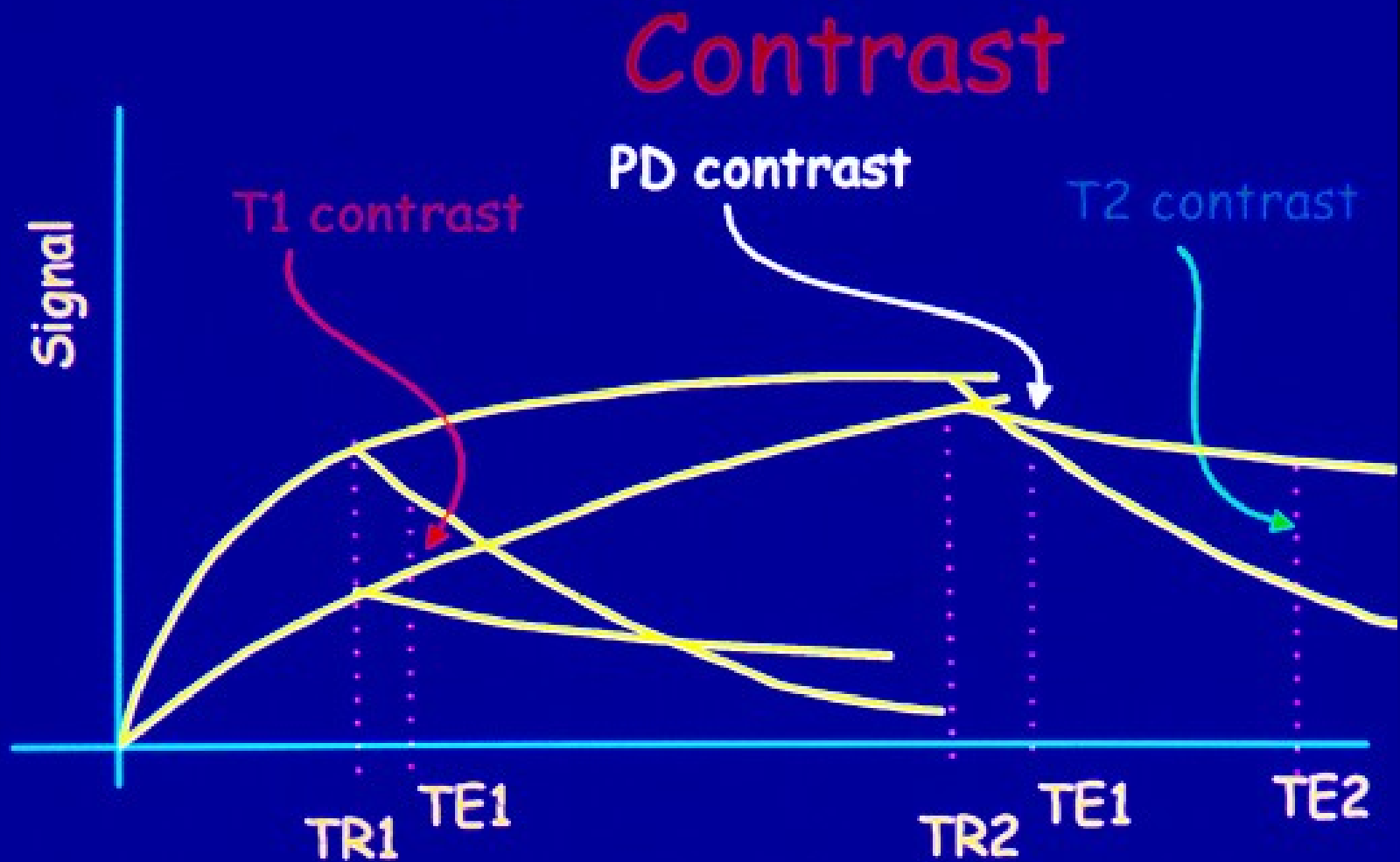
Sekvence

- T1
 - ✓ nativně + po aplikaci KL
 - ✓ tekutina je tmavá
 - ✓ dobré anatomické zobrazení
- PD – proton density – zobrazení na základě protonevé hustoty.
 - ✓ detektce demyelinizačních plaků
 - ✓ dobrý kontrast mezi šedou a bílou hmotou
 - ✓ citlivost k „flow-void“
- T2
 - ✓ tekutina je světlá až bílá
 - ✓ zobrazení okrsků s vysokým obsahem tekutiny
 - ✓ cysty, edém

Kontrastní látky

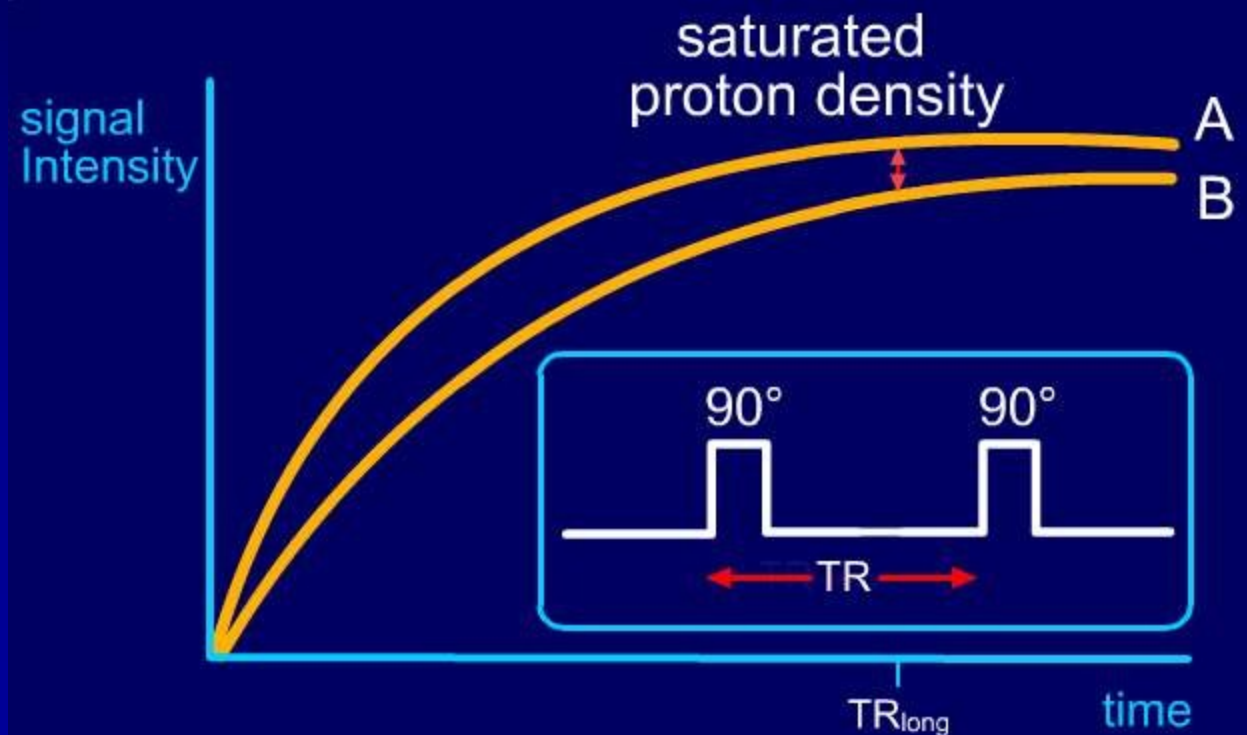
Paramagnetismus je forma magnetismu, která se objevuje jen v přítomnosti vnějšího magnetického pole.

T1 a T2 vážný čas



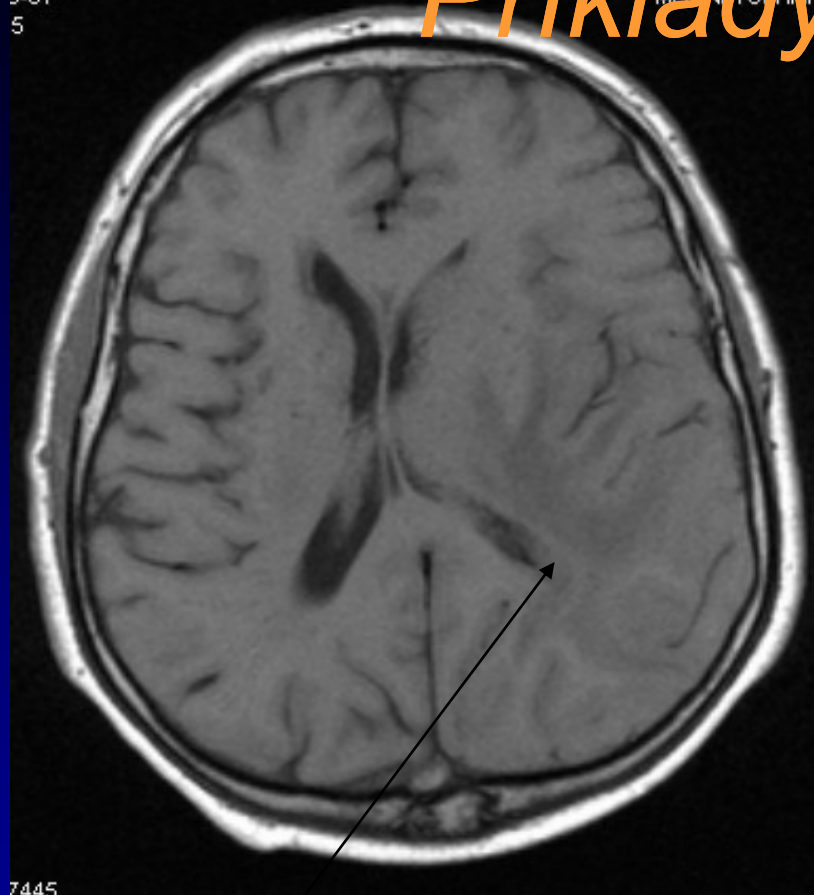
Obraz vážený dle proton. hustoty

- Dlouhý TR
- Krátký TE



Příklady patologií

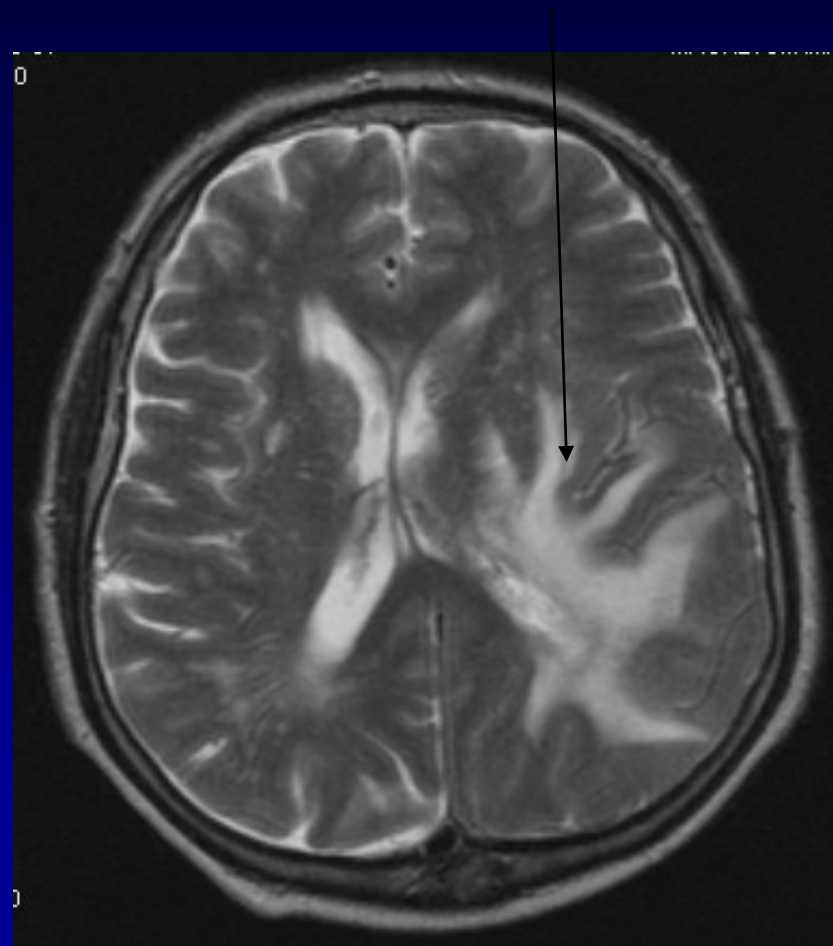
3-01
5



7445

T1 v.o. – vlevo parietálně
hypointenzita – edém
mozkové tkáně

T2 v.o. – vlevo parietálně
hyperintenzita – edém



Děkuji za pozornost

